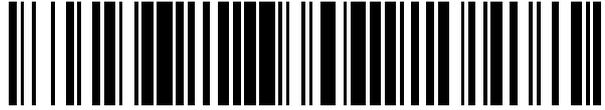


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 808**

51 Int. Cl.:

F03B 17/06 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2009 E 09738352 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2012 EP 2294313**

54 Título: **Pala para aparato de generación de energía a partir de un fluido, y aparato que comprende un rotor que hace uso de tales palas**

30 Prioridad:

22.04.2008 FR 0802250

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.03.2013

73 Titular/es:

**NHEOLIS (SARL) (100.0%)
160, chemin de la Madrague Ville
13015 Marseille, FR**

72 Inventor/es:

HADDJERI, NORDINE

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 397 808 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

5 Pala para aparato de generación de energía a partir de un fluido, y aparato que comprende un rotor que hace uso de tales palas

La presente invención se refiere a una pala para aparato de generación de energía a partir de un flujo de fluido que puede ser aire o agua.

10 Las preocupaciones medioambientales y el encarecimiento de las fuentes de energía fósil han llevado en los últimos años a un renovado interés por las formas de energías alternativas, en particular en el campo de la energía eólica.

Los soluciones eólicas más habituales consisten en los aeromotores de eje horizontal que disponen de una hélice que se extiende de manera perpendicular a la dirección del viento y montada sobre un poste.

15 Esta tecnología se utiliza a menudo para instalaciones de dimensiones importantes.

Soluciones de volumen más reducido se han propuesto, por otro lado, en particular para instalaciones en la proximidad de edificios consumidores de energía eléctrica. Es en este contexto donde se inscribe el documento FR A 2 872 867 que da a conocer un aparato de generación de energía gracias a la fuerza del viento constituido por un aerogenerador que dispone de un rotor cuyas palas son de forma semitroncocónica y casi paralelas a su eje de rotación. Utilizado esencialmente con un eje de rotación horizontal, este tipo de aparato de generación de energía presenta una compatibilidad compatible con múltiples zonas de instalación concretamente en tejados de edificios.

25 Si bien estos aerogeneradores ofrecen una eficacia globalmente satisfactoria, cualquier mejora de su rendimiento sería enormemente apreciable.

La invención pretende mejorar el rendimiento de este tipo de aparato de generación de energía.

30 Para ello, está prevista según la invención una pala según la reivindicación 1 para aparato de generación de energía a partir de un fluido, que comprende una superficie motriz en cuyo interior un fluido está destinado a fluir para

accionar la pala en rotación alrededor de un eje de rotación $\overline{X_0}$ que define con los ejes $\overline{Y_0}, \overline{Z_0}$ una referencia

$\overline{X_0}, \overline{Y_0}, \overline{Z_0}$ ortogonal. La pala está delimitada por un borde de entrada y un borde de salida y se estrecha entre el borde de entrada y el borde de salida. Se extiende según una fibra media cuya proyección sobre el plano

35 $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ presenta una primera curvatura, estando definido el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ de manera que contiene la fibra media al nivel del borde de entrada. Además, la primera curvatura está dispuesta de manera que en el plano

$\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ la fibra media se aleja del eje de rotación $\overline{X_0}$ desde el borde de entrada hacia el borde de salida. Según un modo de realización alternativo, la primera curvatura está dispuesta de manera que en el plano

40 $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ la fibra media se aproxima al eje de rotación $\overline{X_0}$ desde el borde de entrada hacia el borde de salida.

Así, la invención prevé una forma de pala muy particular que le permite captar una parte sustancial de la energía del fluido. La invención contribuye así a mejorar significativamente el rendimiento de los aparatos de generación de energía a partir de un flujo de fluido.

45 Facultativamente, la invención comprende al menos una cualquiera de las características siguientes:

- De manera preferida, la pala presenta una primera parte que se extiende desde el borde de entrada hacia el borde

de salida y que es sensiblemente paralela al eje de rotación $\overline{X_0}$. Presenta una segunda parte que se extiende desde la primera parte hacia el borde de salida y que está curvada. Esta curvatura tiende a alejarse de, o según un

50 modo de realización alternativo y particularmente ventajoso, a aproximarse al borde de salida del eje $\overline{X_0}$. Esta

curvatura presenta una dirección sensiblemente perpendicular al plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$.

- La proyección de la fibra media sobre el plano $\overline{Z_0}, \overline{X_0}$ presenta una segunda curvatura.
- La fibra media está contenida en un plano P inclinado un ángulo d con respecto al plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$.
- 5 - El ángulo d está comprendido entre 50° y 100° y preferiblemente entre 60° y 90°.
- De manera ventajosa, el ángulo d está comprendido entre 55° y 65°.
- El plano P es sensiblemente paralelo al eje $\overline{X_0}$,
- 10 - La fibra media presenta en el plano P una curvatura principal uniforme,
- La intersección de los planos P y $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ define al nivel del borde de entrada un punto A que pertenece a la fibra media.
- 15 - La fibra media comprende un punto A al nivel del borde de entrada, un punto B incluido en el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ y un punto C al nivel del borde de salida, de manera que las partes AB y BC de la fibra media respectivamente delimitadas por los puntos A y B y por los puntos B y C están situadas a ambos lados del plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$.
- 20 - La curvatura de la fibra media define un hueco comprendido entre el 0% y el 20% y preferiblemente entre el 10% y el 15%.
- La superficie motriz presenta una torsión alrededor de la fibra media.
- 25 - La torsión es continua por una parte al menos de la pala.
- La superficie motriz presenta una torsión alrededor de la fibra media en la parte BC y no presenta torsión en la parte AB.
- 30 - La torsión de la parte BC está comprendida entre 40° y 80° y preferiblemente es del orden de 60°.
- La torsión de la parte BC es continua.
- La parte AB no presenta sensiblemente torsión.
- 35 - La superficie motriz comprende una abertura que se extiende de manera sensiblemente paralela a la fibra media.
- En todos los puntos p_i de la fibra media, la sección de la superficie motriz tomada en un plano $\overline{y_i}, \overline{z_i}$ perpendicular al plano P presenta una simetría con respecto a un plano $\overline{z_i}, \overline{x_i}$, estando definidos los planos $\overline{y_i}, \overline{z_i}$ y $\overline{z_i}, \overline{x_i}$ por una referencia ortogonal $\overline{x_i}, \overline{y_i}, \overline{z_i}$ cuyo centro se confunde con el punto p_i , cuyo eje $\overline{x_i}$ coincide con la tangente a la fibra media (10) en el punto p_i y está orientado hacia el borde de salida (5) y cuyos ejes $\overline{y_i}, \overline{z_i}$ siguen dicha torsión.
- 40 - La sección de superficie motriz presenta sensiblemente la forma de una parte de círculo.
- 45 - El centro de la parte de círculo está situado en la fibra media.
- Para un diámetro D_{entrada} de la sección de la superficie motriz tomado al nivel del borde de entrada, el diámetro

$$\frac{D_{\text{entrada}}}{3,5} \leq D_{\text{salida}} \leq \frac{D_{\text{entrada}}}{2,5}$$

D_{salida} de la sección de la superficie motriz tomado al nivel de salida es tal que:

- La longitud L de la fibra media entre el borde de entrada y el borde de salida es tal que: $D_{\text{entrada}} \cdot 3,5 \leq L \leq D_{\text{entrada}} \cdot 4,5$.

5 - En cada punto p_i de la fibra media, el plano $\overline{z_i}, \overline{x_i}$ es sensiblemente equidistante respecto de los dos rebordes que delimitan la abertura contenida en el plano $\overline{y_i}, \overline{z_i}$.

10 Además, está previsto según la invención un rotor para aparato de generación de energía a partir de un fluido que comprende al menos una pala según una cualquiera de las características anteriores.

Se prevé también según la invención un aparato de generación de energía a partir de un fluido que comprende una generatriz acoplada a un rotor de este tipo.

15 El rotor está montado sobre un poste vertical dispuesto para orientarse por sí mismo cara a la dirección del fluido. Preferiblemente, esta orientación automática no requiere la ayuda de un sistema exterior o anexo aparte de la resistencia aerodinámica inducida por el flujo del fluido.

20 Otras características, objetivos y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la descripción detallada que sigue y en vista de los dibujos adjuntos proporcionados a modo de ejemplo no limitativo y en los que:

- La figura 1 es una vista en dos dimensiones de una pala según un ejemplo de realización de la invención en el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$.

25 - La figura 2 es una vista en dos dimensiones de la pala de la figura 1 en el plano $\overline{Z_0}, \overline{X_0}$.

- La figura 3 es una vista en tres dimensiones de la pala de la figura 1 en la referencia ortogonal $\overline{X_0}, \overline{Y_0}, \overline{Z_0}$.

30 - La figura 4 es una vista en tres dimensiones de la generación de una pala según otro ejemplo de realización de la invención.

- La figura 5 es una vista longitudinal de un ejemplo de rotor equipado con tres palas según el ejemplo ilustrado en la figura 4.

35 - La figura 6 es una vista según el eje del rotor $\overline{X_0}$ ilustrado en la figura 5.

- Las figuras 7 y 8 ilustran dos vistas de un ejemplo de realización de un rotor equipado con palas según una variante de realización de la invención.

40 En referencia a las figuras 1 a 8, van a presentarse ahora ejemplos de pala según la invención. Estas figuras muestran una pala 2 destinada a girar por el efecto de un flujo de fluido alrededor de un eje de rotación $\overline{X_0}$. El

eje de rotación $\overline{X_0}$ está materializado por un árbol 1 al que la pala 2 está destinada a asociarse en rotación cuando ésta equipa un aparato de generación de energía. Las palas 2 representadas en las figuras 1 a 8 están

45 dispuestas para girar alrededor del eje de rotación $\overline{X_0}$ en el sentido horario tal como se define por la referencia ortogonal $\overline{X_0}, \overline{Y_0}, \overline{Z_0}$. El sentido y la dirección del flujo del fluido se ilustran en las figuras 1 a 3 mediante flechas.

La pala 2 comprende una superficie motriz 3 delimitada aguas arriba por un borde de entrada 4 y aguas abajo por un borde de salida 5. La superficie motriz 3 define el volumen en cuyo interior y a lo largo del cual el fluido está destinado a fluir para accionar la pala 2 en rotación durante el funcionamiento.

La superficie motriz 3 se extiende según una fibra media 10. La fibra media 10 se extiende principalmente según una dirección sensiblemente paralela al eje de rotación $\overrightarrow{X_0}$ y por tanto según una dirección sensiblemente paralela a la dirección del viento. La pala 2 objeto de la presente invención se diferencia así de las numerosas palas destinadas a equipar rotores en las que éstas se extienden en perpendicular al eje del rotor.

En todos los puntos p_i de la fibra media 10 puede definirse una referencia ortogonal $\overrightarrow{x_i}, \overrightarrow{y_i}, \overrightarrow{z_i}$ cuyo centro se confunde con el punto p_i y cuyo eje $\overrightarrow{x_i}$ coincide con la tangente a la fibra media 10 en el punto p_i y está orientado hacia el borde de salida 5. Así, en cada punto p_i , el plano $\overrightarrow{y_i}, \overrightarrow{z_i}$ define una sección de la superficie motriz 3.

La dimensión de las secciones de la superficie motriz 3 disminuye desde el borde de entrada 4 hasta el borde de salida 5. Esta disminución puede ser continua o discontinua. En los ejemplos ilustrados en las figuras, la variación de la dimensión de las secciones de superficie motriz decrece de manera continua y lineal desde el borde de entrada 4 hacia el borde de salida 5. La reducción de sección favorece la aceleración del fluido durante su flujo en el seno de la superficie motriz.

La fibra media 10 está dispuesta de manera que su proyección sobre el plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ presenta una primera curvatura.

Al nivel del borde de entrada 4, la fibra media 10 corta el plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ en el eje $\overrightarrow{Y_0}$.

Esta curvatura permite captar mejor la energía del fluido a lo largo de todo su flujo a lo largo de la superficie motriz 3, concretamente acompañando al fluido que trata de escaparse hacia las zonas que oponen una menor resistencia.

De manera ventajosa, la fibra media 10 está dispuesta de manera que su proyección sobre el plano $\overrightarrow{Z_0}, \overrightarrow{X_0}$ presenta una segunda curvatura.

La energía cinética del fluido puede por tanto captarse de manera más eficaz, lo que conlleva por consiguiente una mejora sensible del rendimiento con respecto a las palas conocidas que se extienden principalmente según una dirección paralela al eje de rotación.

La superficie motriz comprende una abertura 6 sensiblemente paralela a la fibra media 10.

En el ejemplo representado, la abertura 6 se extiende desde el borde de entrada 4 hasta el borde de salida 5. Esta abertura 6 define dos rebordes que se extienden igualmente de manera sensiblemente paralela a la fibra media 10.

Así, cada una de las secciones de la superficie motriz tomadas en un plano $\overrightarrow{y_i}, \overrightarrow{z_i}$ define un perfil que presenta un primer y un segundo extremo correspondiente respectivamente a uno de dichos rebordes.

La superficie motriz 3 está conformada de manera que la fibra media 10 se confunda sustancialmente con la línea formada por el conjunto de los centros de los segmentos que unen dicho primer extremo a dicho segundo extremo.

En los modos de realización ilustrados, en cada una de dichas secciones de fibra media 10 dicho perfil es sensiblemente simétrico con respecto a un eje de simetría paralelo al eje $\overrightarrow{z_i}$ y que pasa por el centro del segmento que une dicho primer a dicho segundo extremo.

Ventajosamente, el perfil define una parte de círculo. Más particularmente en los ejemplos ilustrados, el perfil presenta una forma de semicírculo. Así, la superficie motriz 3 presenta una forma semicónica cuyo eje es curvado.

De manera preferida, la superficie motriz 3 presenta una torsión alrededor de la fibra media 10. Esta torsión es evidente en las palas del modo de realización ilustrado en las figuras 1 a 6. La superficie motriz 3 está conformada de manera que el borde de salida 5 esté desplazado angularmente con respecto al borde de entrada 4 en el sentido horario cuando la pala 2 está destinada a girar en el sentido horario. Esta torsión se dispone para que la superficie motriz 3 siga las venas del fluido con el fin de incrementar la transferencia de energía entre el fluido y la superficie motriz 3.

La torsión puede ser continua o no. Por otro lado, puede extenderse por el conjunto de la fibra media 10 o por una parte solamente de esta última. En el ejemplo representado, una primera parte de pala 2 que se extiende desde el borde de entrada 4 hasta la sección que contiene el punto B no está retorcida con respecto al segmento que une los 2 extremos de la sección de entrada 4. Preferiblemente, este último segmento se confunde prácticamente con el eje $\overline{Y_0}$.

Una segunda parte de pala 2 que se extiende desde la primera parte hasta el borde de salida 5 está retorcida. De manera ventajosa, la primera parte de pala 2 se extiende por aproximadamente un tercio de la longitud de la pala.

La forma cóncava de la pala determina un hueco que puede estar comprendido entre el 0% y el 20% a lo largo de toda la pala y preferiblemente entre el 10% y el 15%.

Esta forma contribuye a crear una depresión en el extradós de la pala de manera que se favorece una primera fuerza aerodinámica que genera un par de accionamiento del rotor.

El estrechamiento continuo de la sección de la pala acelera el fluido mientras que la curvatura de la línea media tiende a oponer al fluido un ángulo de incidencia más grande y dirigido hacia el exterior con objeto de captar el fluido que se desvía en ese sentido y se escapa hacia las partes que oponen una menor resistencia.

La disposición particular de la superficie motriz 3 impone al fluido en flujo una restitución optimizada de su energía. Permite por consiguiente mejorar de manera muy significativa el rendimiento de las palas que se extienden principalmente de manera paralela al eje de rotación.

En resumen, la configuración de la pala pone en juego por tanto al menos dos tipos de fuerzas aerodinámicas:

- La primera es la resultante de la compresión sobre el intradós y de la depresión sobre el extradós, fuerzas que se ven favorecidas por la curvatura de la pala que genera un hueco (que puede adaptarse a las condiciones de velocidad del fluido en el lugar de implantación de la máquina). El fluido que se desvía por la propia forma de la pala tiene un ángulo de incidencia que varía; en cada ángulo de incidencia, la pala presentará siempre un hueco que genera una fuerza aerodinámica que en total será la resultante de todas las fuerzas de este tipo que habrá generado cada uno de los hueco elementales que componen la pala;

- La segunda fuerza proviene del fenómeno de Bernoulli según el cual el fluido se acelera cuando la sección de la canalización en la que fluye disminuye. La reducción de sección, la curvatura y la torsión captan por tanto la energía proveniente de ese fenómeno.

La resultante final es la combinación de estos efectos.

Ahora va a describirse el ejemplo de pala 2 ilustrado en las figuras 4 a 6 más en detalle.

Una pala 2 de este tipo retoma las características de la pala descrita anteriormente. Está dispuesta de manera que su fibra media 10 esté contenida en un plano P.

El eje $\overline{Y_0}$ es tal que la intersección de la fibra media 10 y del plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ define un punto A que pertenece a la fibra media 10 y situado sensiblemente al nivel del borde de entrada 4.

Este plano P está inclinado un ángulo d con respecto al plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$.

Ventajosamente, el ángulo d está comprendido entre 50° y 90° y preferiblemente entre 55° y 65° . De manera aún más ventajosa es sensiblemente igual a 60° .

La curvatura de la fibra media 10 en el plano P se denomina a continuación curvatura principal. De manera preferida, la curvatura principal es sensiblemente constante. Esta curvatura principal presenta un radio de curvatura R_p comprendido entre $L/2$ y $10L$ y preferiblemente entre $0,7L$ y L .

Así, para este ejemplo de pala 2 al igual que para los ilustrados en las figuras 1 a 3 y 7 a 8, la proyección de la fibra media sobre el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ presenta una primera curvatura, y la proyección de la fibra media sobre el plano $\overline{Z_0}, \overline{X_0}$ presenta una segunda curvatura.

5 Tal como se ilustra en el modo de realización representado en las figuras 1 a 6, la curvatura principal se conforma de manera que la fibra media 10 se aleja del eje de rotación $\overline{X_0}$ desde el borde de entrada 4 hacia el borde de salida 5. Según otro modo de realización ilustrado en las figuras 7 y 8, la curvatura principal se conforma de manera que la fibra media se aproxima al eje de rotación $\overline{X_0}$ desde el borde de entrada hacia el borde de salida. Este modo de realización es particularmente ventajoso en cuanto a rendimiento.

De manera ventajosa, el punto A está situado en el eje $\overline{Y_0}$ y el plano P es sensiblemente paralelo al eje $\overline{X_0}$.

15 En el ejemplo ilustrado en las figuras 1 a 6, entre el borde de entrada 4 y el borde de salida 5, la fibra media 10 comprende un punto B que está incluido en el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$. Por otro lado, la fibra media 10 define un punto C al nivel del borde de salida 5. La fibra media 10 comprende por tanto dos partes respectivamente delimitadas por los puntos A y B y por los puntos B y C y respectivamente denominadas parte AB y parte BC.

20 La pala 2 está dispuesta de manera que las partes AB y BC están situadas a ambos lados del plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$. En el ejemplo representado, las coordenadas del punto A en el eje $\overline{Y_0}$ son positivas. Las coordenadas de los puntos de la línea media que forman la parte AB en el eje $\overline{Z_0}$ son negativas y las coordenadas de la línea media que forma la parte BC en el eje $\overline{Z_0}$ son positivas.

25 La tangente a la fibra media 10 en el punto A forma con el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ un ángulo de aproximadamente 13°.

Ventajosamente, la longitud de la parte AB es aproximadamente igual al tercio de la longitud de la parte AC.

30 La superficie motriz 3 presenta una torsión alrededor de la fibra media 10. Esta torsión se despliega en un sentido horario desde el borde de entrada 4 hacia el borde de salida 5.

Ventajosamente, la superficie motriz 3 presenta una torsión alrededor de la fibra media 10 en la parte BC y no presenta torsión en la parte AB.

35 De manera preferida, la torsión es continua en la parte BC. Está comprendida entre 40° y 80° y preferiblemente es del orden de 60°.

40 Así, esta pala permite combinar, entre otras cosas, una fuerza aerodinámica resultante de la compresión y de la depresión creadas a lo largo de toda la pala 2 y una aceleración del fluido generada por el efecto BERNOULLI. Por otro lado, estos efectos generados por la pala 2 se generan en tres dimensiones a diferencia de las palas conocidas que canalizan el fluido en un espacio en dos dimensiones.

Los efectos aerodinámicos asociados a las partes AB y BC son sensiblemente similares a los efectos asociados respectivamente a las partes primera y segunda de la pala descrita anteriormente en referencia a las figuras 1 a 3.

45 Al igual que para las palas 2 ilustradas en las figuras 1 a 3 y 7 a 8, la superficie motriz 3 comprende una abertura 6 que se extiende de manera sensiblemente paralela a la fibra media 10 y las secciones de superficie motriz 3 que presentan sensiblemente la forma de un semicírculo.

La superficie motriz 3 puede estar formada de una sola pieza. La figura 4 muestra la generación geométrica de la pala. Sirve para preparar el molde a partir del cual se obtendrá la pala.

- 5 Resulta que una pala 2 según la invención, y cuyas dimensiones verifican las relaciones siguientes, presenta un rendimiento particularmente alto:

$$\frac{D_{\text{entrada}}}{4} \leq D_{\text{salida}} \leq \frac{D_{\text{entrada}}}{2} \text{ y } D_{\text{entrada}} \cdot 3 \leq L \leq D_{\text{entrada}} \cdot 5$$

- 10 Más particularmente,

$$\frac{D_{\text{entrada}}}{3,5} \leq D_{\text{salida}} \leq \frac{D_{\text{entrada}}}{2,5} \text{ y } D_{\text{entrada}} \cdot 3,5 \leq L \leq D_{\text{entrada}} \cdot 4,5$$

- 15 Más particularmente,

$$D_{\text{salida}} = \frac{D_{\text{entrada}}}{3} \text{ y } L = 4 D_{\text{entrada}}$$

Con

- 20 - D_{entrada} = dimensión característica de la sección de la superficie motriz al nivel del borde de entrada. En el caso de una sección en forma de semicírculo, D_{entrada} corresponde al diámetro de dicha sección al nivel del borde de entrada.

- 25 - D_{salida} = dimensión característica de la sección de la superficie motriz al nivel del borde de salida. En el caso de una sección en forma de semicírculo, D_{salida} corresponde al diámetro de dicha sección al nivel del borde de salida.

- L = longitud de la cuerda de la fibra media 10 entre los bordes de entrada y de salida.

A modo de ejemplo, la pala 2 ilustrada en las figuras 4 a 6 presenta las dimensiones siguientes:

- 30 - longitud de la fibra media L = 2 metros; $D_{\text{entrada}} = 0,50$ m; $D_{\text{salida}} = 0,17$ m; R_p radio de la curvatura principal = 1,60 m; ángulo $d = 60^\circ$, ángulo que intercepta el arco de la fibra media $O = 72^\circ$

La longitud de la fibra media está adaptada a la producción de la energía deseada y ello hasta grandes energías del orden del megavatio.

- 35 Tal como se indicó anteriormente, la invención tiene también por objeto un rotor para aparato de generación de energía a partir de un flujo de fluido.

- 40 Un rotor de este tipo comprende un árbol 1 representado en la figura 1 y 2 así como al menos una pala 2. Tal como se ilustra en las figuras 5 y 6, el rotor está equipado con tres palas distribuidas alrededor del árbol y separadas unas de otras por un ángulo de 120° . El número de palas puede reducirse o aumentarse.

- 45 La pala 2 comprende medios de fijación no representados, para unir la superficie motriz 3 al árbol 1 del rotor. Los medios de unión son bien conocidos por el experto en la técnica tal como lo ilustra el documento FR 2 872 867.

Quando las palas están montadas en el árbol, el borde de entrada define con el árbol $\overline{X_0}$ en el plano $\overline{Z_0}, \overline{X_0}$ un ángulo α denominado ángulo de incidencia. Se recuerda aquí que el eje $\overline{X_0}$ alrededor del cual la pala 2 está destinada a girar es sensiblemente paralelo a la dirección del viento.

- 50 El ángulo de incidencia α está comprendido entre -20° y 40° y más ventajosamente entre -15° y 30° . De manera aún más ventajosa, el ángulo de incidencia α está comprendido entre -15° y 10° .

El rotor se dispone de manera que se limita al máximo la distancia entre el árbol 1 y la superficie motriz 3 con el fin de disminuir las sollicitaciones mecánicas de las piezas que constituyen el rotor. Así, tal como se ha representado en las figuras 5 y 6, la superficie motriz 3 está yuxtapuesta al árbol 1.

5 El trazado del plano P en el plano XY es una recta que es paralela al eje X pero que también puede presentar con este eje un ángulo β denominado ángulo de inclinación.

10 El ángulo de inclinación β está comprendido entre 0° y 30° y más ventajosamente entre 0° y 20° . De manera aún más ventajosa, el ángulo de incidencia β está comprendido entre 0° y 12° .

15 De manera preferida, los medios de unión se disponen con el fin de someter el ángulo de incidencia a y/o el ángulo de inclinación β en función de la velocidad del viento. Así, puede preverse someter el ángulo de incidencia a de manera que la velocidad de rotación del rotor se mantenga sensiblemente constante sea cual sea la velocidad del viento.

20 En la variante de realización ilustrada en las figuras 7 y 8, el rotor comprende 4 palas. La fibra media de cada una de estas palas está comprendida en un plano P y sus dos rebordes respectivos definidos por la abertura 6 están igualmente comprendidos en un plano. Esta última característica se ve claramente en dos de las palas de la figura 7. Esta pala retoma las características de las palas descritas anteriormente en referencia a las figuras 1 a 6. No obstante, no presenta obligatoriamente torsión alrededor de la fibra media. La fibra media presenta una curvatura.

Esta curvatura tiende a aproximarse al borde de salida 5 del eje de rotación $\overline{X_0}$.

25 La invención se refiere además a un aparato de generación de energía que comprende una góndola en la que el rotor está montado libre en rotación alrededor del eje $\overline{X_0}$ así como una generatriz de energía acoplada al rotor.

De manera ventajosa, el aparato comprende medios de rotación para orientar el árbol 1 del rotor de manera sensiblemente paralela a la dirección del viento.

30 También puede preverse que la góndola esté montada en rotación sobre un poste que se extiende sensiblemente en vertical cuando la dirección del fluido es horizontal. Por otro lado, puede preverse que el aparato se disponga de manera que la fuerza de resistencia aerodinámica oriente el sistema cara al fluido sin requerir medios adicionales de rotación.

35 Las palas objeto de la presente invención han permitido obtener aparatos de generación de energía cuyos rendimientos son sustancialmente superiores a los de los aparatos de generación de energía conocidos.

La pala según la invención también puede definirse por uno de los procedimientos que permiten su obtención. Un procedimiento de este tipo consiste en disponer de una pala que comprende una superficie motriz en cuyo interior un

40 fluido está destinado a fluir para accionar la pala en rotación alrededor de un eje de rotación $\overline{X_0}$, estando la pala delimitada por un borde de entrada y un borde de salida y estrechándose la superficie motriz entre el borde de entrada y el borde de salida. Por otro lado, este procedimiento comprende una etapa en la que se dispone la pala de manera que la superficie motriz se extiende según una fibra media contenida en un plano P. Además, se dispone la

superficie motriz de manera que el plano P esté inclinado un ángulo d con respecto al plano ortogonal $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$,

45 siendo el plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ tal que al nivel del borde de entrada, la fibra media corta este plano.

También puede preverse una etapa que consiste en curvar la fibra media en el plano P.

50 Puede preverse que esta curvatura tienda a alejar el borde de salida del eje $\overline{X_0}$ tal como se representa en las figuras 1 a 6. En un modo de realización alternativo, se prevé que esta curvatura tienda a aproximarse al borde de

salida del eje de rotación $\overline{X_0}$. Este modo de realización mejora significativamente el rendimiento del aeromotor.

Puede preverse además una etapa de torsión de la superficie motriz alrededor de la fibra media.

Según aún otro modo de realización, la superficie motriz presenta una primera curvatura cuya dirección de

curvatura, denominada primera dirección de curvatura, es sensiblemente perpendicular al eje de rotación $\overline{X_0}$ y una segunda curvatura, denominada segunda dirección de curvatura, cuya dirección de curvatura está sensiblemente inclinada con respecto a la primera dirección de curvatura. Ventajosamente, la segunda dirección de curvatura es sensiblemente perpendicular a la primera dirección de curvatura. Más particularmente, es sensiblemente perpendicular al plano $\overline{Z_0}, \overline{X_0}$.

De manera ventajosa, la pala comprende una primera parte que se extiende desde el borde de entrada hacia el borde de salida y cuya curvatura es sensiblemente cero según la primera dirección de curvatura. Comprende una segunda parte que se extiende desde la primera parte hacia el borde de salida y que presenta una curvatura según la primera dirección de curvatura. Esta primera curvatura tiende a aproximarse al borde de salida del eje de rotación $\overline{X_0}$.

Esta doble curvatura permite mejorar la transferencia de energía entre el fluido y la pala. Aumenta el rendimiento de esta última.

Se denomina dirección de curvatura a la dirección del eje, o de los ejes paralelos entre sí, alrededor del cual o de los cuales convendría deformar la pala para obtener una curvatura deseada. Una misma parte de pala puede presentar varias direcciones de curvatura.

La pala puede presentar según una misma dirección de curvatura, una curvatura constante (mismo eje, mismo radio), o una curvatura cuyo radio varíe y/o que presente varios ejes de curvaturas paralelas a esta misma dirección de curvatura. Ventajosamente, cada una de las curvaturas primera y segunda es constante en la parte de pala curvada.

La pala según el modo de realización anterior también puede definirse por uno de los procedimientos que permiten su obtención. Un procedimiento de este tipo consiste en disponer de una pala que comprende una superficie motriz en cuyo interior un fluido está destinado a fluir para accionar la pala en rotación alrededor de un eje de rotación $\overline{X_0}$, estando la pala delimitada por un borde de entrada y un borde de salida y estrechándose la superficie motriz entre el borde de entrada y el borde de salida. La pala presenta por ejemplo una forma semitroncocónica.

Se prevé una etapa que consiste en curvar la pala, al menos por una parte que se extiende desde el borde de salida hacia el borde de entrada, según una primera dirección de curvatura.

También se prevé una etapa que consiste en curvar la pala, al menos por esta misma parte, según una segunda dirección de curvatura sensiblemente inclinada con respecto a la primera dirección de curvatura. La segunda dirección de curvatura puede ser sensiblemente perpendicular a la primera dirección de curvatura.

De manera preferida, la primera dirección de curvatura es sensiblemente perpendicular al plano $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ y la segunda dirección de curvatura es sensiblemente perpendicular al plano $\overline{Z_0}, \overline{X_0}$.

Estas dos etapas de curvatura de la pala pueden efectuarse de manera que la fibra media se mantenga en el plano P inclinado un ángulo α con respecto al plano ortogonal $\overline{X_0}, \overline{Y_0}$ y anteriormente mencionado.

Puede preverse además una etapa de torsión de la superficie motriz alrededor de la fibra media.

Por otro lado, el perfil de los bordes de entrada 4 y de salida 5 podría ser objeto de ajuste sin que por ello la fibra media presente en lo esencial de su longitud las características anteriormente mencionadas.

Además, este tipo de pala puede utilizarse con cualquier tipo de fluido y concretamente con aire o agua.

Referencias

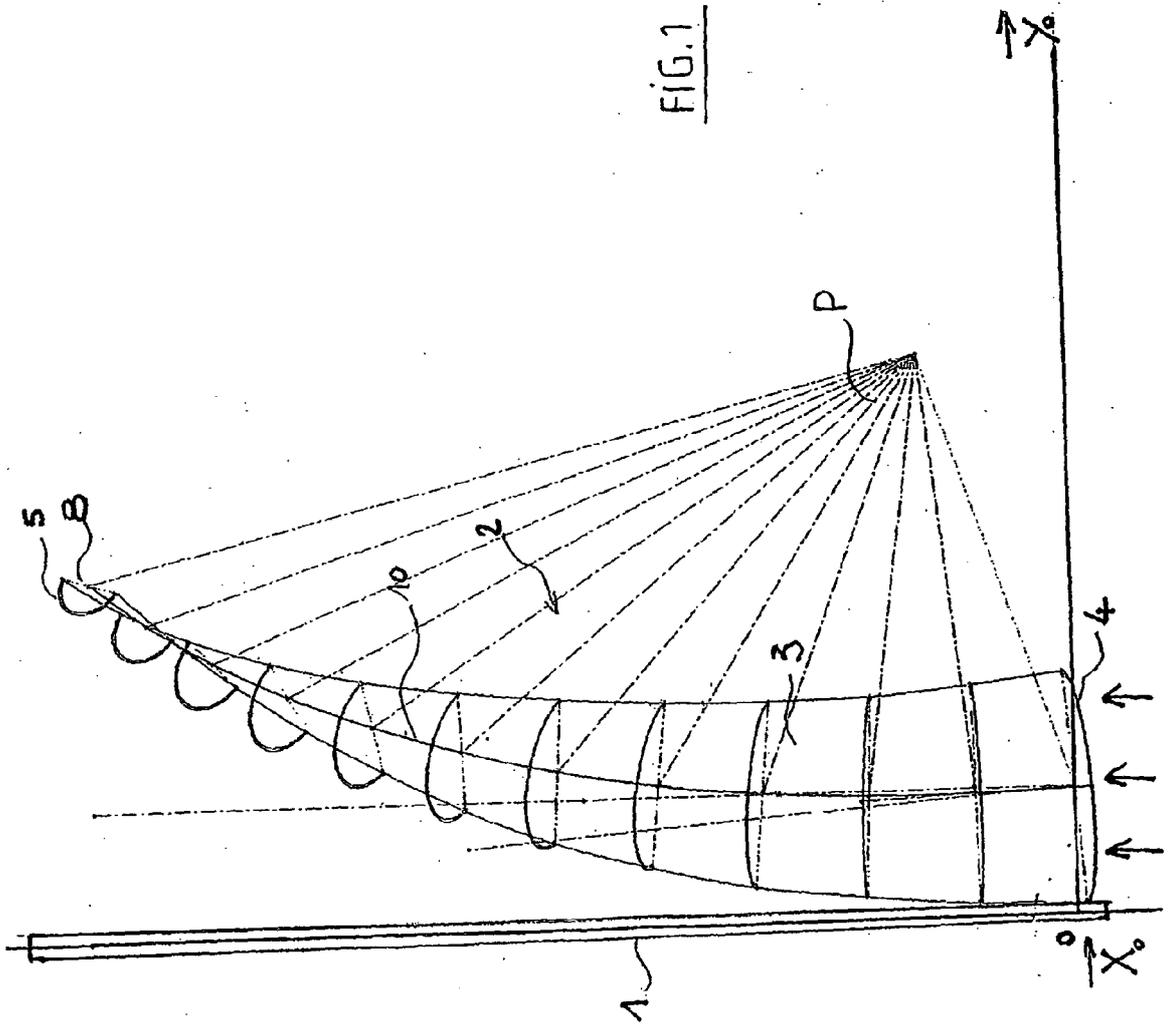
1. Árbol
2. Pala
- 5 3. Superficie motriz
4. Borde de entrada
5. Borde de salida
- 10 6. Abertura
7. D_{entrada}
- 15 8. D_{salida}
9. Longitud de cuerda
- 20 10. Fibra media

REIVINDICACIONES

1. Pala (2) para aparato de generación de energía a partir de un fluido, que comprende una superficie motriz (3)
 - en cuyo interior un fluido está destinado a fluir para accionar la pala (2) en rotación alrededor de un eje de rotación $\overrightarrow{X_0}$ que define con los ejes $\overrightarrow{Y_0}, \overrightarrow{Z_0}$ una referencia $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}, \overrightarrow{Z_0}$ ortogonal,
 - delimitada por un borde de entrada (4) y un borde de salida (5),
 - que se estrecha entre el borde de entrada (4) y el borde de salida (5),
 - que se extiende según una fibra media (10),
 - caracterizada porque la proyección de la fibra media (10) sobre el plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ presenta una primera curvatura dispuesta de manera que en el plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ la fibra media se aleja o se aproxima respecto del eje de rotación $\overrightarrow{X_0}$ desde el borde de entrada hacia el borde de salida, estando definido el plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ de manera que contiene la fibra media (10) al nivel del borde de entrada (4).
2. Pala (2) según la reivindicación anterior, en la que la proyección de la fibra media (10) sobre el plano $\overrightarrow{Z_0}, \overrightarrow{X_0}$ presenta una segunda curvatura.
3. Pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en la que la fibra media (10) está contenida en un plano P inclinado un ángulo d con respecto al plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$.
4. Pala (2) según la reivindicación anterior, en la que ángulo d está comprendido entre 50° y 90° y preferiblemente entre 55° y 65°.
5. Pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, en la que el plano P es sensiblemente paralelo al eje $\overrightarrow{X_0}$.
6. Pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en la que la fibra media presenta en el plano P una curvatura principal de radio constante.
7. Pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la fibra media (10) comprende un punto A al nivel del borde de entrada, un punto B incluido en el plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ y un punto C al nivel del borde de salida (5), de manera que las partes AB y BC de la fibra media respectivamente delimitadas por los puntos A y B y por los puntos B y C están situadas a ambos lados del plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$, definiendo la parte AB de la fibra media (10) con respecto al plano $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{Y_0}$ un hueco comprendido entre el 10% y el 15%.
8. Pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la superficie motriz (3) presenta una torsión alrededor de la fibra media (10).
9. Pala (2) según la reivindicación anterior tomada en combinación con la reivindicación 7, en la que la

superficie motriz (3) presenta en la parte BC una torsión alrededor de la fibra media (10) comprendida entre 40° y 80° y preferiblemente del orden de 60° y no presenta torsión en la parte AB.

- 5 10. Pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la superficie motriz (3) comprende una abertura (6) que se extiende de manera sensiblemente paralela a la fibra media (10).
11. Pala (2) según las reivindicaciones 5 y 8, en la que en todos los puntos p_i de la fibra media (10) la sección de la superficie motriz (3) tomada en un plano \vec{y}_i, \vec{z}_i perpendicular al plano P presenta una simetría con respecto a un plano \vec{z}_i, \vec{x}_i , estando definidos los planos \vec{y}_i, \vec{z}_i y \vec{z}_i, \vec{x}_i por una referencia ortogonal $\vec{x}_i, \vec{y}_i, \vec{z}_i$ cuyo centro se confunde con el punto p_i , cuyo eje \vec{x}_i coincide con la tangente a la fibra media (10) en el punto p_i y está orientado hacia el borde de salida (5) y cuyos ejes \vec{y}_i, \vec{z}_i siguen dicha torsión.
- 15 12. Pala (2) según la reivindicación anterior, en la que la sección de superficie motriz (3) presenta sensiblemente la forma de una parte de círculo.
13. Pala (2) según la reivindicación anterior, en la que para un diámetro D_{entrada} (7) de la sección de la superficie motriz (3) tomado al nivel del borde de entrada (4), el diámetro D_{salida} (8) de la sección de la superficie motriz (3) tomado al nivel de salida es tal que
$$\frac{D_{\text{entrada}}}{3,5} \leq D_{\text{salida}} \leq \frac{D_{\text{entrada}}}{2,5}.$$
- 20 14. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 12 ó 13, en la que para un diámetro D_{entrada} (7) de la sección de la superficie motriz (3) tomado al nivel del borde de entrada, la cuerda entre el borde de entrada (4) y el borde de salida (5) presenta una longitud L (9) tal que: $D_{\text{entrada}} \cdot 3,5 \leq L \leq D_{\text{entrada}} \cdot 4,5.$
- 25 15. Aparato de generación de energía a partir de un fluido que comprende un rotor que comprende al menos una pala (2) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.



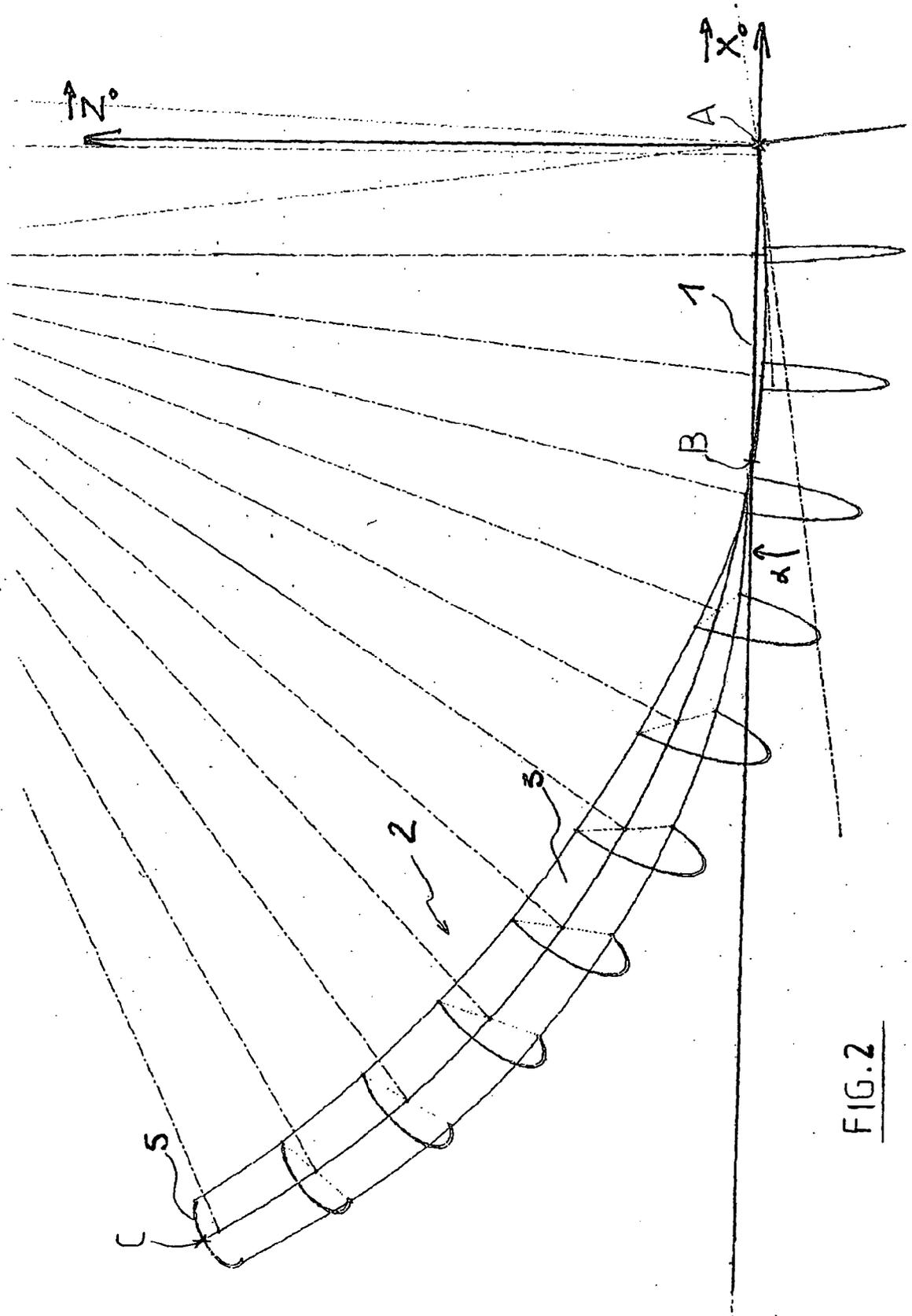


FIG. 2

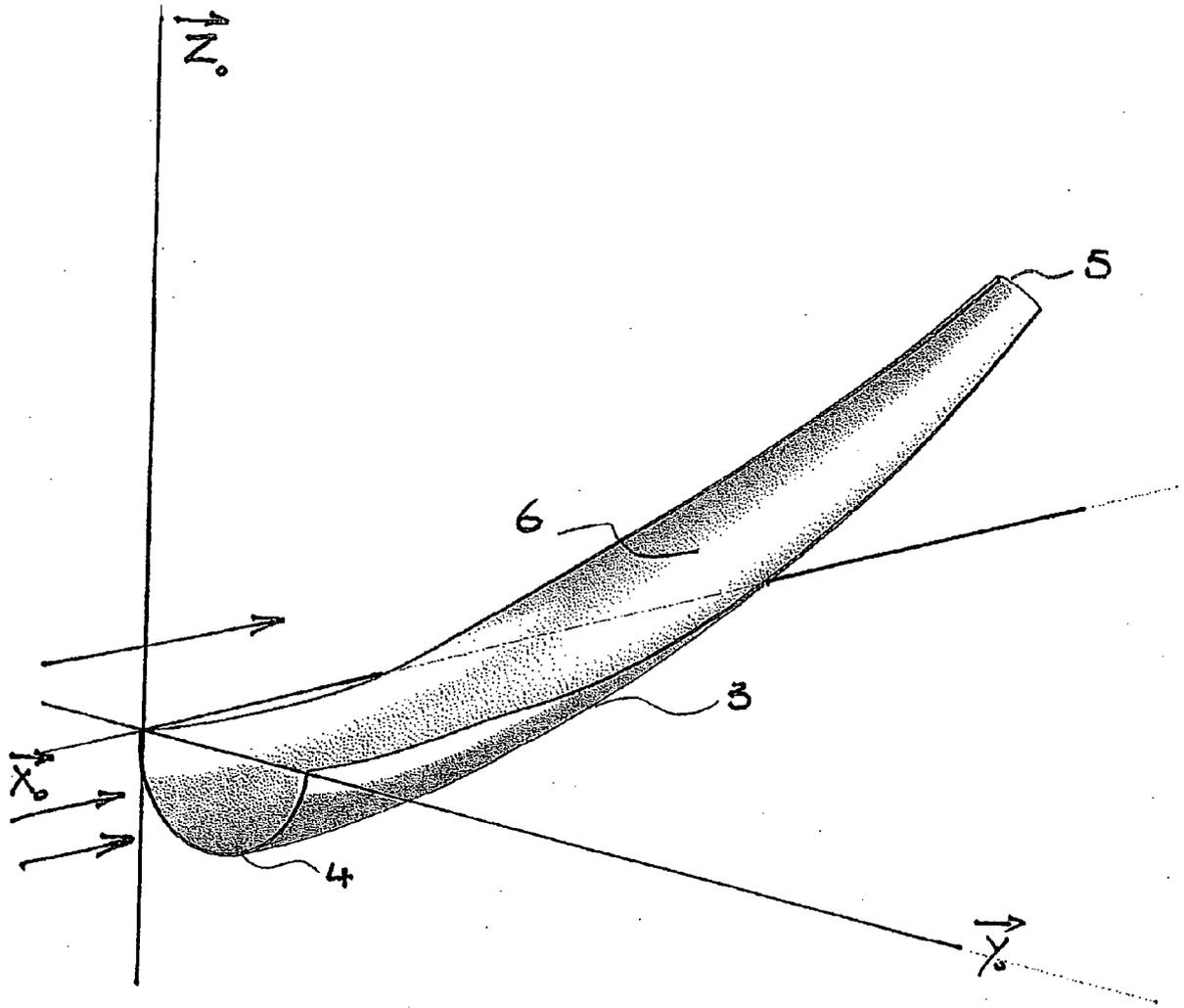


FIG.3

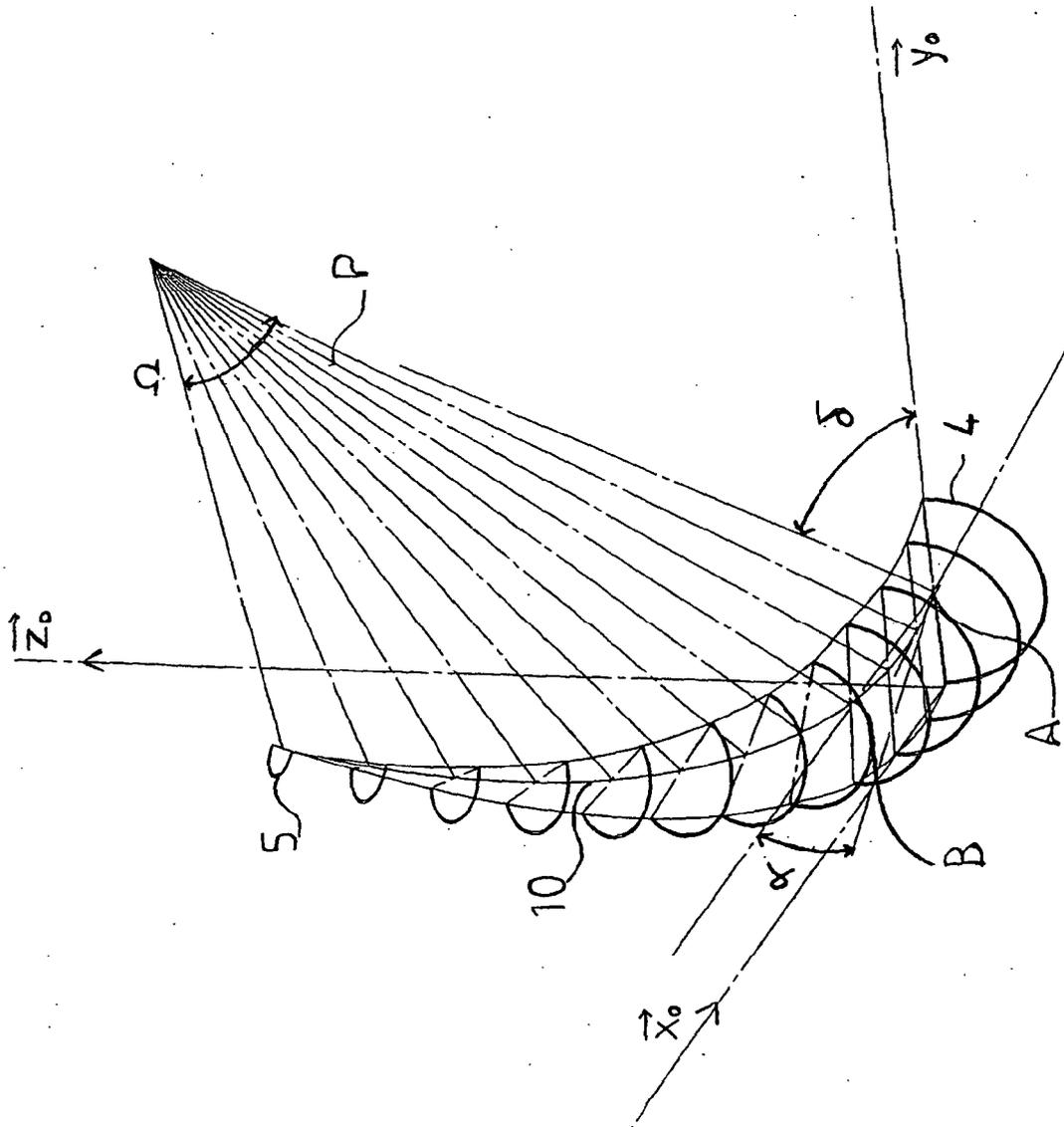


FIG.4

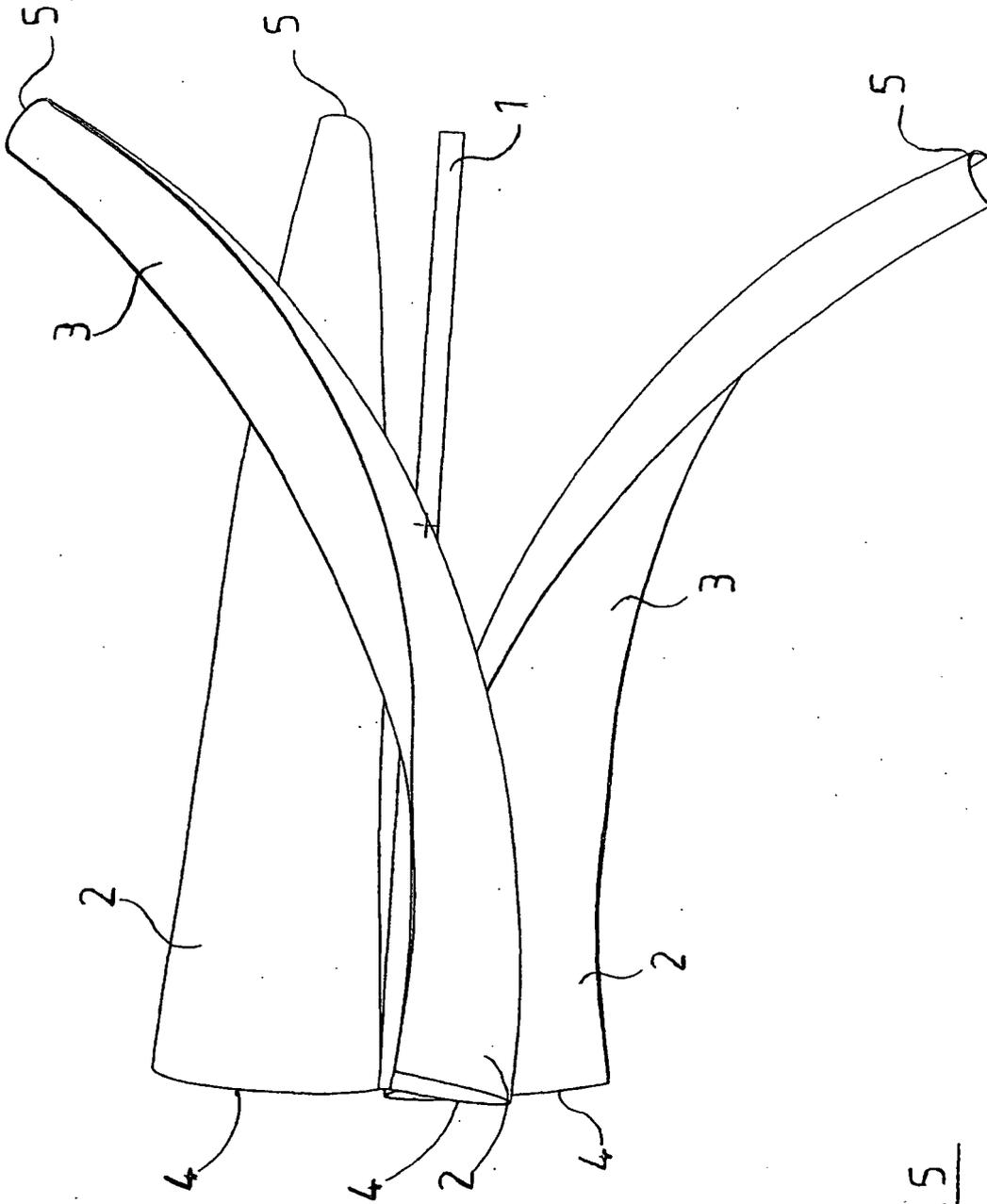


FIG. 5

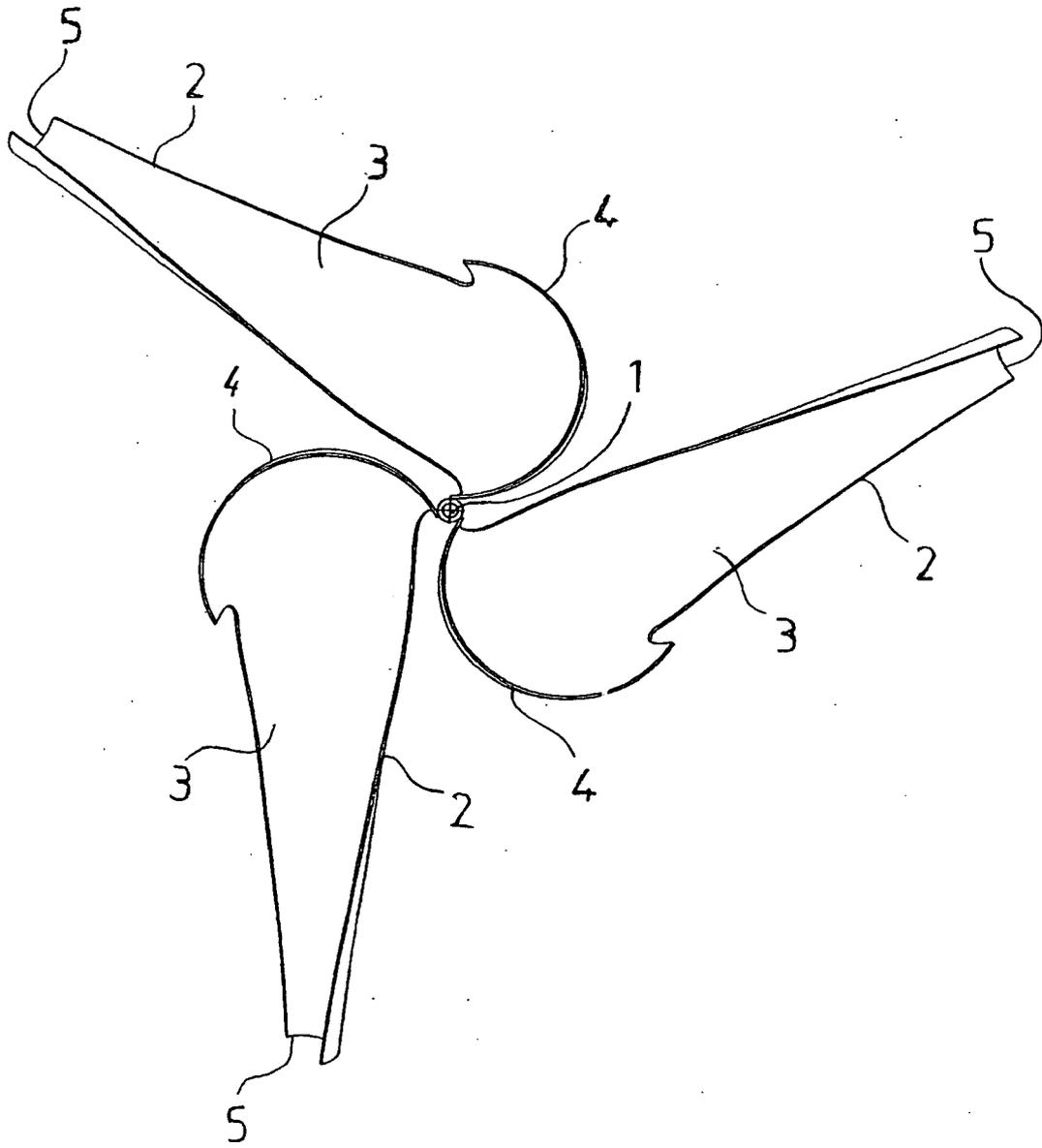


FIG.6

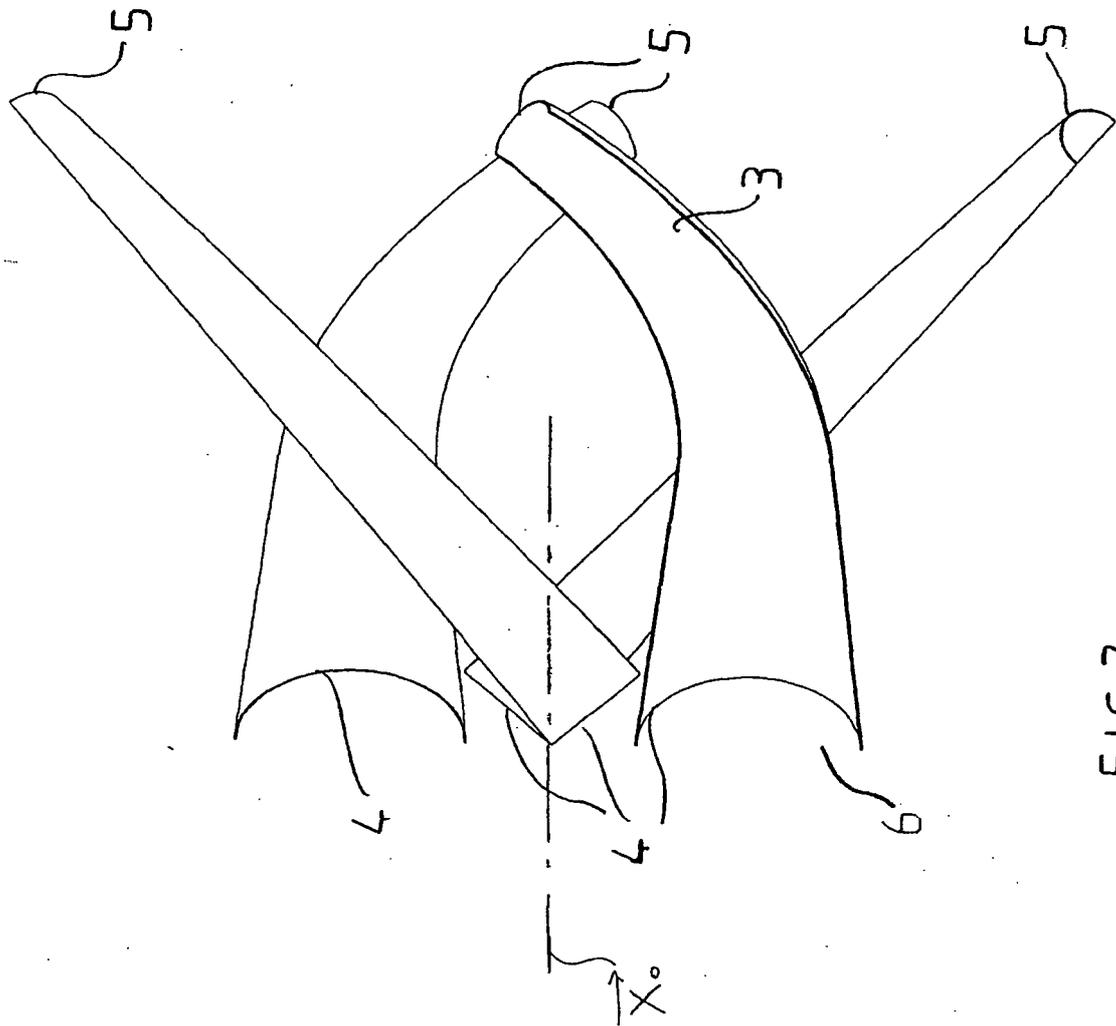


FIG. 7

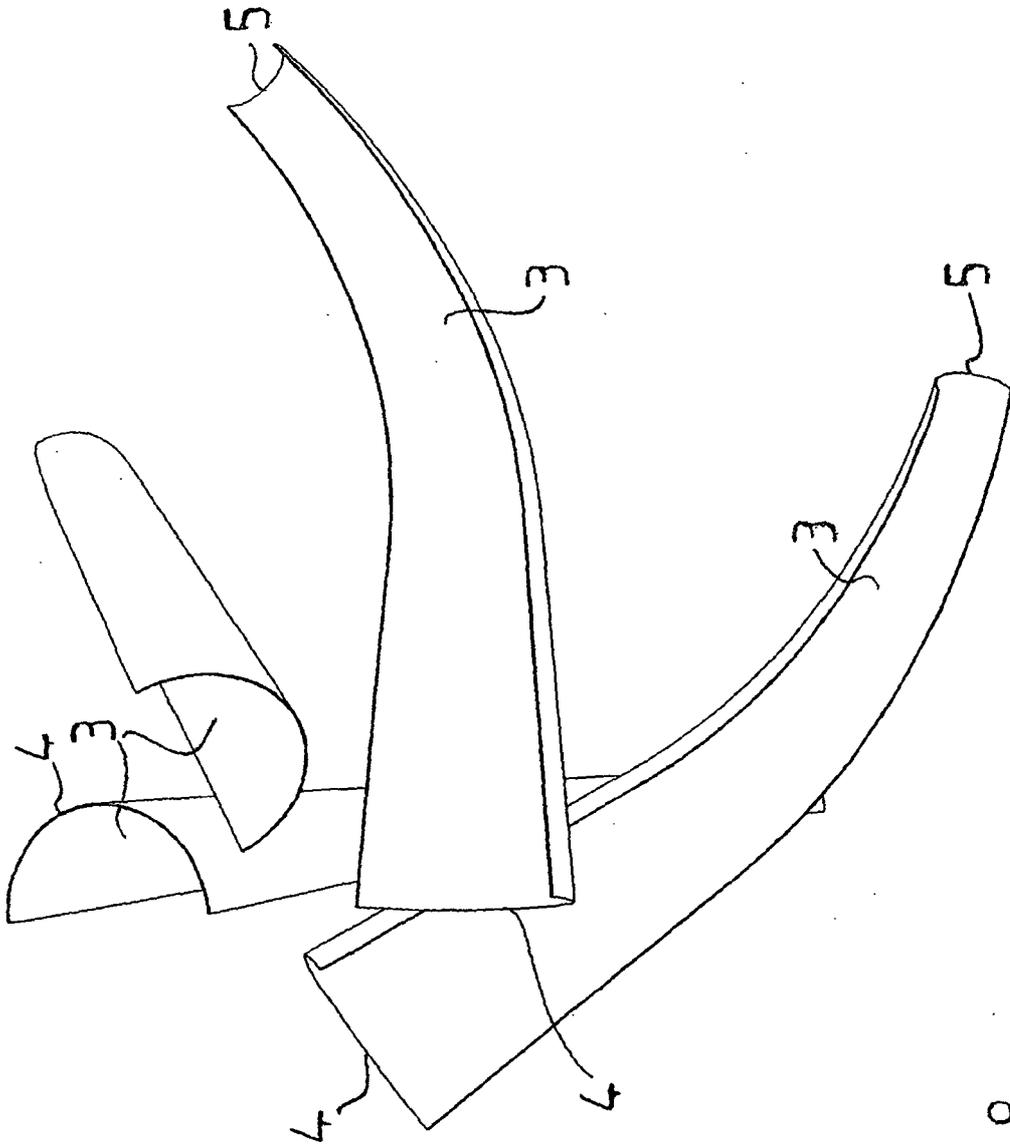


FIG. 8.